

Fj6/042
et

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: 0 561 118 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 93100995.5

(51) Int. Cl. 5: A23P 1/16, A23G 9/20,
A23G 3/02, A23L 3/36,
A23G 9/22, A23G 9/28

(22) Anmeldetag: 22.01.93

(33) Priorität: 28.01.92 DE 4202231

Burgrain 37

W-8706 Mellen(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.09.93 Patentblatt 93/38

Erfinder: Fels, Ulrich, Dipl.-Kfm.

(64) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL
PT SE

Rue de Sées 42

W-4154 Tönisvorst(DE)

(71) Anmelder: Milchhof-Eiskrem GmbH & Co. KG
Selbststrasse 36
D-40822 Mettmann(DE)
Anmelder: DEUTSCHES INSTITUT FÜR
LEBENSMITTELTECHNIK e.V.
Prof.-von-Klitzing-Strasse 7
D-49610 Quakenbrück(DE)
Anmelder: HMF KRAMPE & CO. GMBH
Werkstrasse 8-10
D-45527 Hattingen(DE)

W-4320 Hattingen 13(DE)

Erfinder: von Holdt, Peter, Dipl.-Ing.

Bachstelzenweg 1

W-2401 Gross Grönau(DE)

Erfinder: Hahn, Lutz

Mecklenburgerstrasse 23

W-2401 Gross Grönau(DE)

(72) Erfinder: Windhab, Erich, Dr.-Ing.

(74) Vertreter: Beyer, Rudi

Patentanwalt Dipl.-Ing. Rudi Beyer Am

Dickelsbach 8

D-40883 Ratingen (DE)

(61) Einrichtung zum Kühlen von Fluiden und essbaren Schäumen.

Viskositätsmessung ermittelt.

(62) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung mit einer Steuerung zum Tiefgefrieren von essbaren Schäumen bzw. anderen Fluiden auf Temperaturen unter -10 °C unter gleichzeitiger Erzeugung eines cremigen Zustandes. Dabei wird ein weitestgehend homogener mechanischer Energieeintrag bei gleichzeitig räumlich weitgehend konstanter Wärmeabfuhr aufgrund der Verwendung eines speziellen außen- und innen-temperierten Doppelschneckensystems gewährleistet. Die optimale Abstimmung von mechanischem Energieeintrag, homogener Strukturbeanspruchung, unterkritischer Scherung (Minimierung der Strukturzerstörung), Kühlgradient (Berücksichtigung von dissipierter Energie) und Gefrierprozeß erfolgt erfindungsgemäß mittels einer Steuerung von mechanischer und thermischer Energiebilanz auf Basis der Erfassung der Produktkonsistenz als Zielgröße. Die Produktkonsistenz wird zum Beispiel mittels on-line

EP 0 561 118 A2

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Kühlen von eßbaren Schäumen, bei der einer Aufschlagvorrichtung unmittelbar ein Kühl- und Gefriergerät zum Vorgefrieren des Schaumes und dem Kühl- und Gefriergerät unmittelbar eine als kombinierte Tiefgefrier- und Transportvorrichtung ausgebildete motorisch antreibbare Extrudervorrichtung nachgeschaltet ist, in der der vorgefrorene Schaum auf Lagertemperatur herunterkühlbar ist und die Aufschlagvorrichtung, das Kühl- oder Gefriergerät und die Extrudervorrichtung durch Rohrleitungen miteinander verbunden sind.

Stand der Technik

Grundsätzliche Überlegungen:

In weiten Bereichen der Lebensmitteltechnologie werden zum Herstellen von Lebensmitteln bzw. von Genussmitteln Schäume hergestellt. Diese Schäume haben zum einen den Vorteil, daß sie den Genusswert des jeweiligen Produktes erhöhen, zum anderen wird durch das Einschlagen von Luft eine Erhöhung des Volumens vorgenommen.

Zwei klassische Vertreter dieser Lebensmittel schäume sind Schlagsahne und Eiskrem. Bei beiden Produkten wird durch das Einschlagen von Luft das Volumen auf etwa das Doppelte erhöht. Die Feinverteilung der Luftblasen ist sowohl bei Eiskrem als auch bei Schlagsahne ein wesentliches Qualitätskriterium. Bei beiden obengenannten Produkten ist erst eine verzehrgerechte Form durch dieses Einschlagen von Luft möglich.

- Bei Schlagsahne verbietet der hohe Fettgehalt weitgehend den Genuss in der ursprünglich flüssigen Form.
- Bei Eiskrem bewirkt das Einschlagen von Luft eine cremige Konsistenz der Eiskrem, da man ohne Lufteinschlag einen hartgefrorenen Block erhält.

Die Technologien zum kontinuierlichen Aufschlagen (Einbringung von Luft) von Schlagsahne und Eiskrem sind weltweit bekannt. Zwar unterscheiden sich die Technologien bei Schlagsahne und Eiskrem wesentlich voneinander, haben jedoch das gleiche mechanische Grundprinzip.

Die Verbreitung von tiefgekühlten Produkten und somit auch deren Absatz hat sich in den letzten Jahren mehr als verdoppelt. Nachdem anfänglich die Tieftkühlung nur zur Frischhaltung von Gemüse eingesetzt wurde, wird heute die gesamte Lebensmittelpalette bereits als Tieftkühlware für die Bereiche der Frischwaren angeboten. Von der Tieftkühlung von Gemüse geht der Verbreitungsweg der Tieftkühlkost heute über Fertiggerichte bis hin zu Konditororten. In diesem Tieftkühlkostbereich nimmt Eiskrem eine wesentliche Stellung ein, wobei für Eiskrem ausschließlich dieser Vermark-

tungsweg über eine geschlossene Tieftkühlkette möglich ist. Seit ungefähr 15 Jahren versucht die Industrie, Konditororten auf Schlagsahnebasis als Tieftkühlprodukte zu vermarkten. Stetig steigende Verkaufszahlen auf diesem Sektor belegen die großen Marktchancen in diesem Marktsegment. Die Technologie der Herstellung solcher Tieftkühlorten ist, abgesehen von dem Einsatz von automatischen, kontinuierlichen Aufschlagmaschinen, weitgehend rückständig.

Die Technologie der Eiskremherstellung hat seit der Inbetriebnahme von kontinuierlichen Kühl- oder Gefriergeräten (Freezer) keine gravierenden, technischen Änderungen mehr erfahren. Sieht man von technischen Änderungen, die die Steuerung der Eiskrem-Kühl- oder Gefriergeräte betreffen, ab, so wird hier nach dem gleichen Prinzip noch wie vor 30 Jahren gearbeitet.

Die heute übliche Arbeitsweise zum Herstellen von tiefgekühlten Torten

Der mit Zucker versetzten Schlagsahne wird ein geeignetes Geliermittel hinzugefügt. Danach wird diese Schlagsahne pasteurisiert und in Reiftanks für etwa 24 Stunden bei +5° C gereift. Mittels einer Förderpumpe wird die Sahne der kontinuierlich arbeitenden Aufschlagmaschine zugeführt. Gleichzeitig wird diese Aufschlagmaschine mit Druckluft versorgt. Beide Medien werden mit einem Rotor-Stator-Prinzip miteinander vermengt, wobei die Schlagsahne Luft aufnimmt.

Beim Schlagen von Sahne entsteht ein 3-Phasen-System, nämlich die Luft-, Fett- und Serumphase.

In diese Emulsion werden Luftblasen eingeschlagen (verschäumt). Hierbei wird ein Teil der Fettkugelchen zerstört. Das Fett liegt bei tiefen Temperaturen teilweise in fester, auskristallisierter Form vor, wobei aber ein kleiner Teil des Fettes noch in flüssiger Form in Fettkugelchen eingeschlossen ist. Durch die mechanische Einwirkung des Rotor-Stator-Systems kommt es zu einem Zerstören dieser Fettkugelchen. Dabei tritt ein Teil des freien Fettes aus. Die "angeschlagenen" und die intakten Fettkugelchen lagern sich dann an die Grenzfläche Luft/Serum an. Dabei ragen Teile von Fettkugelchen aus den monomolekularen Schichten kristallinen Fettes aufgrund der hydrophoben Eigenschaften in die Innenseite der Luftblasen hinein. Freies, flüssiges Fett dient dazu, die erstarrten Fettkugelchen miteinander zu verbinden (Kittsubstanz). In der Serumphase nimmt die Anzahl der intakten Fettkugelchen während des Schlagens (Verschäumens) ab. Die Proteine verbleiben in der Serumphase. Durch diesen Vorgang entsteht ein stabiler Schaum (Schlagsahne). Dieser Schaum wird dann mittels Füllapparaturen schicht-

weise in Tortenformen eingegeben. Dabei hat dieser Schaum eine Konsistenz, die eine Ablöschung mittels Volumendoseuren noch zuläßt. Die in der Sahne vorhandenen Geliermittel werden erst nach Ablauf einiger Minuten fest, d. h., sie bilden ein Gerüst innerhalb der Schaumstruktur, wobei die Fettkügelchen und die Luftblasen fest justiert werden durch diese gerüstbildenden Geliermittel. Gleichzeitig wird das Wasser an diese Geliermittel gebunden. Nach dem Aufschlagen und Dosieren der Sahne in entsprechende Tortenformen, gelangen diese Torten in einen Härtetunnel zur Tieftkühlung. Bei der Tieftkühlung durchlaufen die Torten einen Luftstrom von etwa -45° C und geben an diesen Luftstrom ihre Wärme ab, so daß sie nach einer Kühlzeit von etwa zwei bis drei Stunden eine Kerntemperatur von -18° C erhalten. Bei diesem relativ langsamem Gefriervorgang friert das im Produkt befindliche Wasser zu größeren Eiskristallen aus. Bei dem Entstehen dieser Eiskristalle wird teilweise das Gerüst, welches vorher durch das Geliermittel gebildet worden ist, zerstört. Ebenso ist es möglich, daß während des Gefrierprozesses wachsende Eiskristalle die in kleinen Bläschen vorhandene Luft anstechen und somit die Membranen dieser Luftblasen zerstören. Dies ist kein wesentlicher Nachteil, solange das Produkt gefroren bleibt, d. h. das Wasser in fester Form im Produkt vorliegt. Beim Auftauen des Produktes verwandelt sich das feste Wasser der Eiskristalle in eine flüssige Wasserphase. Hierbei kommt es zur Konzentration von Wassertröpfchen. Das durch das Geliermittel aufgebaute Gerüst sowie die Emulsion von Luft, Fett und Serum können diese größeren als im Ausgangsprodukt vorhandenen Wasseransammlungen teilweise nicht mehr in das Produkt einschließen, es kommt zu einem Nässe des Produktes beim Auftauen.

Ebenso ist durch den relativ langsamem Gefrierprozeß ein Teil der Luftbläschen zerstört worden. Diese Schäden sind im Produkt irreparabel und führen beim Auftauen des Produktes zu einer Volumenverringerung.

Zwar läßt sich dieses Problem durch eine erhöhte Zugabe von Geliermitteln einigermaßen lösen, jedoch hat der verstärkte Einsatz von Geliermitteln eine geschmackliche Beeinflussung des Produktes zur Folge. Eine Vollmundigkeit der so hergestellten, tiefgefrorenen Schlagsahne ist nach dem Auftauen nicht mehr gegeben. Im Gegensatz zu anderen Lebensmitteln stellt das Tiefgefrieren von aufgeschlagener Sahne mit der zur Zeit vorhandenen Technologie keine Erhaltung der Qualität dar. Im Gegenteil, die Qualität wird durch das Tiefgefrieren noch verschlechtert.

Herstellung von Speiseeis

Speiseeisrezepte bestehen üblicherweise aus Milch, Magermilch, Rahm, Milchkonzentrat, Milchpulver oder Butter, auch Saccharose, Glukose bzw. Dextrose, aus Obstzeugnissen, die zugesetzt werden können und aus Hydrokolloiden als Stabilisatoren (Pflanzliche Bindemittel, Alginate, Carrageenate, Johannisbrotkernmehl und ähnliches).

Zur Herstellung von Speiseeis werden die Einzelbestandteile entsprechend einer vorliegenden Rezeptur gewogen und in ein definiertes Mengenverhältnis gebracht. In einem Mischbehälter werden diese Einzelbestandteile miteinander vermengt. Nach einer fünfzehnminütigen Mischzeit bei 63° C ist diese Vermengung erreicht.

Danach folgt das Pasteurisieren auf 80° bis 85° C, und zwar für 20 bis 40 s lang.

Nach dieser Wärmebehandlung wird die Mischung abgekühlt auf etwa 70° C und danach in einer zweistufigen Homogenisierungsmaschine homogenisiert, und zwar in der ersten Stufe mit 150 und in der zweiten Stufe mit 40 bis 50 bar. Hierbei werden die Fettkügelchen auf unter 2 μ zerkleinert.

Diesem Homogenisierungsvorgang folgt ein Herunterkühlen der Mischung auf 2° bis 4° C. Danach wird diese Mischung in Tanks gebracht, um nach einer Reifezeit von 2 bis 24 h zur weiteren Verwendung zur Verfügung zu stehen. Diese Reifezeit bewirkt, daß die Hydrokolloide quellen, das Casein hydratisiert und die Viskosität erhöht wird, wobei sich das Gefüge des Speiseeises verfeinert. Gleichzeitig werden Schmelzwiderstand und Aufschlag verbessert, das Fett kristallisiert aus und ein ausgeglichenes Aroma bildet sich.

Nach Beendigung des Reifevorganges wird diese Mischung dem Kühl- oder Gefriergerät zum Gefrieren und zum gleichzeitigen Lufteinschlag (verschäumen) zugeführt.

Industriell werden heute die Mischungen für Speiseeis in kontinuierlich arbeitenden Kühl- oder Gefriergeräten (Freezer) teilweise gefroren. Dabei rotiert innerhalb eines verchromten Rohres eine Messerwelle aus Chrom-Nickel-Stahl mit einer Drehzahl von etwa 200 U/min. Die Messer schaben dabei einen dünnen, an der gekühlten Rohrinnenwand sich bildenden Eistfilm kontinuierlich ab und sorgen außerdem noch für eine innige Vermischung der in diesem Zylinder eingeführten Luft.

Zum Kühlen des Zylinders wird von außen in der Regel Frigen (eingetragenes Warenzeichen) oder Ammoniak in einem Temperaturbereich von -25° bis -30° C eingesetzt. Die gewünschten kleinen Eiskristalle erfordern schnelles Gefrieren, welches durch die stark unterkühlte Zylinderinnenwandung möglich ist.

Die Mischung tritt mit einer Temperatur von etwa 4°C in den Gefrierzylinder ein, nachdem ihr die für den Aufschlag erforderliche Luftmenge zudosiert worden ist. Bei einem üblichen Innendruck im Zylinder von etwa 3 bis 5 bar wird die Luft in die Mischung eingeschlagen. Gleichzeitig findet der Gefrierprozeß statt, und das Eis verläßt pastenförmig das Kühl- oder Gefriergerät.

Die mit diesem Verfahren zu erreichenden Temperaturen sind bis maximal -8°C möglich.

Das so hergestellte Eis wird in Bechern oder in Hörnchen abgefüllt. Diese Produkte müssen dann einem Nachgefrierprozeß unterzogen werden, um die Lagertemperatur von -20°C zu erreichen. Wird diese Nachkühlung nicht durchgeführt, so bilden sich die im Eis vorhandenen Wassereiskristalle größer aus, wodurch das Eis rauh und sandig schmeckt. Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Eiskrem-Kühl- oder Gefriergeräte lassen keine tieferen Temperaturen als -8°C zu.

Bei dem vorbeschriebenen Stand der Technik können Eiskrem-Schäume hergestellt und bis zu einem Bereich von -7°C gefroren werden. Diese Temperatur stellt jedoch keine Lagertemperatur dar. Vielmehr wird die Lagertemperatur von -20°C erst durch die Nachhärtung in Tiefkühltunneln erreicht. Zum Durchführen dieser Verfahrensweise sind hohe Investitionskosten, insbesondere für den Tiefkühltunnel, erforderlich. Außerdem sind die ständigen Energiekosten beträchtlich. Auf dem Gebiete der Schlagsahneherstellung sind Aufschlagverfahren vorbekannt, die ausschließlich im Temperaturplusbereich arbeiten. Hier ist ein Gefrieren von Schlagsahneschäumen vollkommen unbekannt.

Um diesem Mangel des vorbeschriebenen Standes der Technik abzuhelfen, haben die Anmelder das DBP 39 18 268 erwirkt, aus dem eine Einrichtung gemäß der vorausgesetzten Gattung vorbekannt ist. Mittels einer solchen Einrichtung ist erstmalig eine Verfahrensweise möglich, bei welcher im gleichen Arbeitsgang eßbare Schäume, also nicht nur Eiskrem, sondern auch z. B. Schlagsahne, während und/oder im unmittelbaren Anschluß nach dem Aufschlagen im gleichen Arbeitsgang auf Lagertemperatur, also auf z. B. -20°C , zu kühlen. Dadurch kann z. B. das in Schlagsahne oder dergleichen befindliche Wasser durch extrem schnelles Herunterkühlen bei gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung zu Eiskristallen unter 20 bis $30\text{ }\mu$ gefroren werden. Bei einer Eiskristallgröße von 20 bis $30\text{ }\mu$ ist die Gefahr, daß das Produkt nach dem Auftauen näßt, erheblich geringer. Ebenso ist die Luftverteilung in dem Produkt stabiler, da bei einer solchen Eiskristallgröße eine "Verletzung" der Luftblasen unwahrscheinlich ist.

Bei Anwendung eines solchen, schnellverlaufenden Gefrierprozesses kann die Vollmundigkeit der Schlagsahne erhalten bleiben, der Anteil an

• Göttermitteln kann verringert werden, wobei die Annäherung an ein frisch hergestelltes Produkt erheblich größer ist. Schließlich wird durch die nicht vorhandene Volumenreduzierung ein formstables Produkt erreicht, was z. B. für die Herstellung von Torten von großem Vorteil ist.

5 Durch die Kombination eines Aufschlag- und Gefrierverfahrens ist es somit erstmalig möglich, beispielsweise Schlagsahne kontinuierlich aufzuschlagen und gleichzeitig tiefzufrieren. Ein Nachgefrieren von Sahneprodukten in einem Härtetunnel mittels Kaltluft bei etwa -45°C ist damit nicht mehr notwendig. Da bereits im Herstellungsprozeß die für Tiefkühlprodukte notwendige Mindesttemperatur von -18°C oder noch weniger erreicht wird, ist somit in jedem Fall ein anschließender Gefrierprozeß entbehrlich geworden.

10 Durch die Kombination eines Aufschlag- und Gefrierverfahrens ist es somit erstmalig möglich, beispielsweise Schlagsahne kontinuierlich aufzuschlagen und gleichzeitig tiefzufrieren. Ein Nachgefrieren von Sahneprodukten in einem Härtetunnel mittels Kaltluft bei etwa -45°C ist damit nicht mehr notwendig. Da bereits im Herstellungsprozeß die für Tiefkühlprodukte notwendige Mindesttemperatur von -18°C oder noch weniger erreicht wird, ist somit in jedem Fall ein anschließender Gefrierprozeß entbehrlich geworden.

20 Außerdem läßt sich bei Anwendung dieses Verfahrens eine Fehlstverteilung von Wasserkristallen erreichen. Bei Anwendung des Verfahrens lassen sich somit Lebensmittelschäume auch auf anderer Basis als auf Schlagsahne herstellen und durch den Gefrierprozeß in eine haltbare Form bringen. Denkbar sind hier Fruchtschäume wie z. B. aufgeschlagenes Bananenpüree, und andere Milchprodukte, wie z. B. Fruchtjoghurte oder dergleichen.

25 Durch Anwendung des Verfahrens lassen sich vollkommen neue Lebensmittel in leichter, energie- bzw. brennwertärmer Art hervorbringen, die der modernen Ernährungsphysiologie angepaßt sind. Solche Systeme und Verfahrensweisen sind weltweit nicht bekannt. Hierdurch lassen sich vollkommen neue Absatzchancen eröffnen.

30 Durch Anwendung des Verfahrens lassen sich vollkommen neue Lebensmittel in leichter, energie- bzw. brennwertärmer Art hervorbringen, die der modernen Ernährungsphysiologie angepaßt sind. Solche Systeme und Verfahrensweisen sind weltweit nicht bekannt. Hierdurch lassen sich vollkommen neue Absatzchancen eröffnen.

35 Auch bei der Herstellung von Eiskremmassen lassen sich diese bei Anwendung des Verfahrens so aufschlagen und gleichzeitig oder unmittelbar anschließend kontinuierlich gefrieren, daß sie keiner Nachhärtung mittels Kaltluft von -45°C mehr bedürfen, um die endgültige Lagertemperatur von z. B. -18°C bzw. -20°C zu erreichen. Durch dieses Verfahren entfällt der Arbeitsprozeß des Nachhärtens von Eiskrem vollständig, wodurch ein kontinuierlicher Prozeßablauf des Getrierens und Abfüllens möglich wird, so daß die so hergestellten Produkte unmittelbar nach ihrer Abfüllung versandfertig sind.

40 Durch Anwendung des Verfahrens lassen sich vollkommen neue Lebensmittel in leichter, energie- bzw. brennwertärmer Art hervorbringen, die der modernen Ernährungsphysiologie angepaßt sind. Solche Systeme und Verfahrensweisen sind weltweit nicht bekannt. Hierdurch lassen sich vollkommen neue Absatzchancen eröffnen.

45 Der Abkühlungsprozeß (Nachhärtung) auf -20°C mittels Kaltluft ist vom Anlagenbau - wie oben ausgeführt - an sich sehr investitionsintensiv, und es werden sehr große Abkühlzeiten benötigt, da das durchschnittliche Gefrieren eines Eisproduktes von 5°C auf -20°C nur 1 cm/h voranschreitet, wodurch z. B. ein 6 cm großer Eiszylinder mindestens eine Behandlungszeit mit Kaltluft von drei Stunden benötigt, um eine Kerntemperatur von -20°C zu erreichen. Neben diesen zeit- und anlagenintensiven, vorbekannten Verfahren tritt noch eine Schädigung des Produktes auf. Bei einer Temperatur von -5°C bis -7°C ist nur 45 bis 63 %

des vorhandenen Wassers ausgefroren. Die restlichen 40 %, abzüglich von ca. 5 % Wasser, verbleiben immer als sogenanntes "freies Wasser" im Produkt. Diese 35 % gefrieren erst im Nachhärtungsprozeß. Dabei lagert sich dieses Wasser an die schon vorhandenen Wasserkristalle an und bewirkt ein Vergrößern dieser Kristalle. Je größer die Wasserkristalle sind, desto weniger cremig schmeckt das Speiseeis. Durch die Nachhärtung und dem damit verbundenen Wachsen der Eiskristalle ist gleichzeitig auch noch eine Verschlechterung der Struktur des Speiseeises gegeben. Die Struktur verändert sich von cremig weich hin zu hart, eisig und bröckelig im extremen Fall.

Alle diese Nachteile werden bei Anwendung des Verfahrens vollkommen vermieden.

Obwohl es sich bei den Ausgangsmaterialien von vornehmlich Schlagsahne und Eiskrem um zwei eigenständige Lebensmittel handelt, läßt sich die grundsätzliche Problemstellung, nämlich Schäume durch Aufschlagen herzustellen und zu gefrieren bis zu einem Temperaturbereich, bei dem sie lagerfähig sind, bei dem erfindungsgemäß Verfahren ohne Schwierigkeiten lösen.

Somit ist es bei Anwendung des Verfahrens erstmals möglich, gefrorene Schäume bis -18° bis -20° C in einem Arbeitsgang mit Beaufschlagen (Aufschlagen) herzustellen und kontinuierlich versandfertig abzuziehen.

Ein besonderer Vorteil besteht auch darin, daß die Energiekosten gegenüber mit Nachhärtetunneln arbeitenden Anlagen bei der Eiskremherstellung bei dem erfindungsgemäß Verfahren um etwa z. B. 30 % oder noch niedriger liegen, so daß das Verfahren besonders wirtschaftlich arbeitet.

Der belüftete und gefrorene Schaum verläßt die Anlage kontinuierlich. Sämtliche Parameter zur Herstellung dieses Schaumes sind steuerbar, wie zum Beispiel Austrittstemperatur, Menge der eingebrachten (eingeschlagenen) Luft, Gefriergeschwindigkeit und so weiter. Durch die Steuerung hält sich die Einrichtung zum Durchführen des Verfahrens selbst in einem prozeßstabilen Zustand.

Bei der vorbekannten Einrichtung kann das zu verschäumende Produkt mit Luft von zum Beispiel 12° C aufgeschlagen werden. Das so verschäumte Produkt wird in einem Kühl- oder Gefriegerät auf zum Beispiel -5° C heruntergekühlt und dadurch der Schaum vorgefroren. Der so vorgefrorene Schaum wird in einer geeigneten Fördervorrichtung auf zum Beispiel -20° C weiter abgekühlt. Die Vorrichtungsteile können in einem Bauelement vereinigt sein. Ein Tiefgefriertunnel entfällt bei dieser Einrichtung vollkommen.

In der DE-PS 39 18 268 ist auch eine Ausführungform beschrieben, bei welcher das zu verschäumende Produkt in einer Vorrichtung aufgeschlagen wird, in der das verschäumte Produkt

entweder gleichzeitig oder unmittelbar nach dem Verlassen der Schaumherstellungsvorrichtung in mindestens einer sich anschließenden Tiefkühlvorrichtung heruntergekühlt und durch eine Extruderschnecke ausgetragen und sofort weiterverarbeitet wird. Der aus dem Extruder austretende Schaum ist versandfertig und braucht nicht "nachgehärtet" zu werden. Es können auch mehrere Extrudervorrichtungen nach diesem Stand der Technik parallel und/oder hintereinander geschaltet werden. Zum Beispiel ist es möglich, mehrere Extruder im Co-Extrusionsprozeß arbeiten zu lassen. Das der Aufschlagvorrichtung zugeführte Produkt kann vorgekühlt werden. Es ist auch möglich, der Vorrichtung vorgekühlten Schaum zuzuführen und diesen Schaum auf die Lagertemperatur in der Extrudervorrichtung oder in einem oder mehreren der mit der Extrudervorrichtung verbundenen Vorrichtungsteile bis auf die Lagertemperatur herunterzukühlen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 vorausgesetzten Art derart auszustalten, daß das Produkt durch eine konstruktiv sinnvolle, relativ einfache Konstruktion auf Lagertemperatur kontinuierlich gekühlt und dabei homogen beansprucht und gut gemischt werden kann, bei möglichst homogener Wärmeabfuhr.

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 wiedergegebenen Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäß Einrichtung zum vorzugsweise lagerfertigen Tiefgefrieren von Eiskrem oder anderen Fluiden auf Temperaturen von geringer als -10° C unter gleichzeitiger Erzeugung eines cremigen Zustandes, realisiert einen weitestgehend homogenen mechanischen Energieeintrag aufgrund der Verwendung eines speziellen Doppelschneckensystems.

Die erfindungsgemäß Einrichtung weist folgende bedeutsame Merkmale auf:

- 40 a) Die Schnecken führen nur eine leichte gegenseitige Kämmung durch;
- 45 b) Der Schneckenkanal ist so ausgelegt, daß abhängig vom Fließverhalten der zu behandelnden Masse nahezu keine "Strömungstotzonen" entstehen, und damit ein homogener mechanischer Energieeintrag gewährleistet wird. Der lokale mechanische Energieeintrag legt die Größe der entstehenden Struktureinheiten - zum Beispiel Eiskristalle - und damit die Qualität des Produktes - zum Beispiel Cremigkeit - fest;
- 50 c) Die Wärmeabfuhr aus der Masse erfolgt möglichst homogen (Innen- und Außenkühlung).

Um die oben aufgeführten Merkmale a) bis c) zu gewährleisten, weist eine Einrichtung bevorzugt folgende Merkmale auf.

1. Die Schneckenkanäle des Doppelschnecken-Systems werden extrem flach ausgeführt, zum Beispiel H/W ≈ 0.1 - 0.2.

Die Schneckensteigung ist ebenfalls gering. Der Steigungswinkel θ ist 20° bis 30° .

Die genaue Wahl von H/W und θ wird unter Berücksichtigung der Fließfunktion τ ($\dot{\gamma}$) für das Produkt bei entsprechender Temperatur festgelegt. Hierbei ist von Wichtigkeit, daß die wirksame Mindestschubspannung an der Schneckenwelle sowie an der Außenzyllinderwand die Fließgrenze τ_0 des Materials überschreitet.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ein Temperaturgradient über der Schneckenkanalhöhe existiert, d. h. die Materialfließgrenze eine Funktion des Kanalradius ist.

Fließfunktion τ ($\dot{\gamma}$, ϑ) bzw. Fließgrenze τ_0 - ($\dot{\gamma}$) werden in rheologischen Messungen ermittelt (ϑ = Temperatur; $\dot{\gamma}$ = Schergeschwindigkeit).

2. Das Doppelschneckensystem wird bevorzugt über ein an der Außenmanteloberfläche verdampfendes Fluid direkt sowie eventuell zusätzlich über eine Innenkühlung der Schnecken gekühlt. Am Außenmantel des Schneckenkanals wird ein direktes "Überflutungssystem" oder ein "Durchströmungsprinzip", zum Beispiel durch Kühlmittelbohrungen im Außenzyllinder, realisiert. Die Innenkühlung erfolgt über die hohle Schneckenwelle.

3. Für die optimale Erzeugung eines cremigen Stoffsystems ist zum Beispiel bei Speiseis, welches einen hohen dispergierten Luftanteil enthält, die Gashaltung während des mechanischen Tiefgefrierbehandlungsprozesses im Doppelschneckensystem zu gewährleisten. Hierzu kann - worauf weiter unten noch eingegangen wird - die Doppelschneckenwelle durch eine gasdichte Gleitringdichtung abgedichtet sein.

Neben den genannten konstruktiven Maßnahmen ist für die Erzeugung der gewünschten cremigen Struktur des tiefgefrorenen Stoffsystems auch die Berücksichtigung bestimmter "Betriebskriterien" notwendig.

Hierzu zählt insbesondere die richtige Dimensionierung des mechanischen Energieeintrages durch Wahl einer angepaßten Drehzahl (abhängig von der Schneckengeometrie). Die im Stoffsystem dissipierte, das heißt in Wärmeenergie umgewandelte mechanische Energie, darf ein kritisches Maß, welches durch die maximale mögliche Wärmeabfuhr konstruktiv sowie über das Kühlsystem festgelegt wird, nicht überschreiten.

Um dies zu gewährleisten, wird bei einer bevorzugten Einrichtung der Erfindung konsistenzabhängig (Endprodukt) die Drehzahl des Doppelwellensystems gesteuert, wobei gegebenenfalls auf die auf die Anmelderin zurückgehende Steuerung und Regelung der DE-PS 39 18 268 zurückgegriffen werden kann.

Die Konsistenzmessung kann hierbei bevorzugt entweder über eine direkte Konsistenzmessung am Endprodukt (inline Viskositätsmesszelle) oder indirekt über das Drehmoment an einer Schneckenwelle bzw. die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors erfolgen.

Zusammenfassend ist somit festzustellen:

Die Tiefgefrierstufe besteht bei der erfindungsgemäßen Einrichtung aus einem gleich- oder gegenläufig drehenden Doppelschneckensystem, welches eine homogene Durchmischung und mechanische Beanspruchung des zu verarbeitenden Produkts, zum Beispiel Speiseis, gewährleistet. Diese ist zur Erzeugung möglichst feiner Strukturen mit kleinen Eiskristallen und damit gewünschter Cremigkeit bei gleichzeitig hohem ausgefrorenen H_2O -Anteil von entscheidender Wichtigkeit. Gleichzeitig wird die homogene Beanspruchung über die Wahl der Schneckenkanalgeometrie und die Schnecken-drehzahl derart festgelegt, daß eine überkritische Beanspruchung der "Schaumstruktur" der belüfteten Eiskrem oder dergleichen mit der Folge der Strukturzerstörung (insbesondere Aufschlagverlust) vermieden wird.

Unter Berücksichtigung der strukturbedingten mechanischen Beanspruchungsgrenzen von Eiskrem oder dergleichen werden Schneckenkanalgeometrie (sowie Schneckenkämmung) und Schnecken-drehzahl zusätzlich im Hinblick auf einen optimalen Wärmeübergang an das Kühlmedium unter Berücksichtigung der Energiedissipation durch Scherung der Eiskrem oder dergleichen ausgelegt.

Erfindungsgemäß wird der mechanische Energieeintrag in einen extrem flachen Schneckenkanal bei nur leichter Schneckenkämmung weitgehend homogen (keine örtlichen Spannungsspitzen) realisiert. Hierbei kann $H/B \approx 0.1$ betragen, worin H = Kanalhöhe und B = Kanalbreite bedeuten. Man wird in der Regel eine Schneckensteigung $\theta 20^\circ$ bis 30° wählen. Die Wahl der Schnecken-drehzahl erfolgt rezepturspezifisch unter erfindungsgemäßer Berücksichtigung der temperaturabhängigen Fließgrenze τ_0 sowie kritischen Schubspannungen für die Strukturveränderung (Aufschlag-, Kremigkeitsverlust).

Wenn in den Anmeldungsunterlagen von einem "Doppelschneckensystem" oder "Doppelextruder" oder "Doppelschnecken" gesprochen wird, so schließt dies nicht aus, daß derartige "Systeme" auch mehr als zweimal, zum Beispiel vier-, sechs-, achtmal oder dergleichen vorgesehen sein können. Derartige "Doppelschneckensysteme" oder dergleichen können mehrfach parallel und/oder hintereinander in einem oder mehreren Gehäusen angeordnet sein.

In Patentanspruch 2 ist eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Schneckenkanäle beschrieben.

Patentanspruch 3 beinhaltet eine Ausführungsform, bei welcher das Kühfluid im "Durchströmungsprinzip" durch Kühlmittelbohrungen im Außenzylinder des Doppelschnecken-systems strömt.

Demgegenüber beschreibt Patentanspruch 4 eine Ausführungsform, bei welcher das zum Beispiel verdampfende Fluid als direktes "Überflutungssystem" Gehäusewandungen des Doppelschnecken-systems umspült.

Patentanspruch 5 beschreibt die zusätzliche Innenkühlung der Schnecken, welche unter Einsatz eines Heizmediums auch zum Auftauen verwendet werden kann (Versuchsende).

Patentanspruch 6 beschreibt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung.

Die optimierte Abstimmung von

- mechanischem Energieeintrag
- homogener Strukturbeanspruchung
- unterkritischer Scherung (Minimierung der Strukturzerstörung)
- Kühlgradient (Berücksichtigung von dissipierter Energie) und Gefrierprozeß

erfolgt mittels einer Steuerung von mechanischer und thermischer Energiebilanz auf Basis der Erfassung eines Temperaturprofils der Masse im Extruder sowie der Produktkonsistenz als Zielgröße. Die Produktkonsistenz wird mittels on-line oder In-line Viskositätsmessung ermittelt.

Gemäß Patentanspruch 7 erfolgt die Wahl der Schneckenrehzahl rezepturspezifisch unter erfahrungsgemäßer Berücksichtigung der temperatur-abhängigen kritischen Schubbeanspruchungen für die Strukturveränderung (Aufschlag-, Cremigkeitsverlust). Bei zum Beispiel Eiskrem-Austrittstemperaturen von ca. -15° C werden beispielsweise erfahrungsgemäß für Normaleiskrem (ca. 10 % Fettanteil) maximale Scherfälle von 30 bis 50 s^{-1} realisiert. Neben der Vermeidung überkritischer Beanspruchung ist dabei die durch Scherung eingebrachte (dissipierte) Energie über die erfahrungsgemäße Wandkühlung mit direkt verdampfenden Kühlmittel zusätzlich zur Schmelzenthalpie der auszufrierenden wässrigen Phase aufzubringen.

In der Zeichnung ist die Erfindung beispielweise veranschaulicht. Es zeigen:

- Fig. 1 in schematischer Darstellung einen erfahrungsgemäßen Verfahrensgang;
- Fig. 2 eine Einheit aus Figur 1, in größerem Maßstab, teils im Schnitt;
- Fig. 3 eine Konstruktion aus der DE-PS 39 18 268;
- Fig. 4 ein Doppelschnecken-System in teilweiser Stirnansicht;
- Fig. 5 einen Teillängsschnitt zu Figur 4;

Fig. 6 ein Doppelschnecken-System, bei dem im Außenzylinder der Schnecken Kühlmittelkanäle zum Durchströmen eines Kühfluids sowie eine Schneckeninnenkühlung vorgesehen sind, teils im Schnitt;

Fig. 7 eine weitere Ausführungsform der Erfindung, wobei das Doppelschnecken-System über ein an der Außenmanteloberfläche des Gehäuses verdampfendes Fluid im "Überflutungssystem" gekühlt wird;

Fig. 8 eine ausschnittsweise Darstellung aus einer Schnecke mit verschiedenen geometrischen (konstruktiven) Bezeichnungen und

Fig. 9 einen Längsschnitt durch ein Doppelschnecken-System (nur eine Schnecke ersichtlich) mit Gasdichtung.

Mit dem Bezugssymbol 1 ist eine Aufschlagvorrichtung bezeichnet, in der das zu verschäumende Produkt unter Hinzumischung von z. B. Luft verschäumt wird. In der Aufschlagvorrichtung 1 kann der Schaum z. B. eine Temperatur von 12° C aufweisen.

Der so hergestellte Schaum verläßt die Aufschlagvorrichtung 1 in Pfeilrichtung und wird einem Kühl- oder Gefriergerät (Freezer) 2 zugeführt, in dem der Schaum auf z. B. -5,5° C heruntergekühlt wird. Der so vorgefrorene Schaum 10 verläßt das Kühl- oder Gefriergerät 2 in Pfeilrichtung und wird einer kombinierten Extrudervorrichtung 3 zugeführt. In der Extrudervorrichtung 3 wird der vorgefrorene eßbare Schaum auf z. B. -20° C lagerfertig heruntergekühlt und verläßt kontinuierlich die kombinierte Extrudervorrichtung 3 als lagerfertiges Produkt 4 (Schaum), z. B. Speiseeis, Schlagsahne.

In Fig. 2 ist die kombinierte Extrudervorrichtung 3 schematisch im Querschnitt veranschaulicht. Das Bezugssymbol 5 bezeichnet eine von einem nicht dargestellten Motor angetriebene Welle, mit der ein Rotor 6 verbunden ist. Der Rotor 6 weist mehrere Schaufeln 7 auf, die mit Abstand mit an einem Stator 8 angeordneten Schaufeln 9 kämmen. Der vorgefrorene Schaum 10 wird einer Kammer 11 und damit auch den Schaufeln 7 und 9 zugeführt. In diesem Bereich können geeignete Kühlvorrichtungen angeordnet sein, die den vorgefrorenen Schaum 10 weiter herunterkühlen. Der weiterhin innig durchgemischte Schaum 10 wird in einer anschließenden Kühlvorrichtung 12 bis auf Lagertemperatur von z. B. -20° C kontinuierlich im Durchlaufverfahren heruntergekühlt. Kühlschlangen 13 sind in Fig. 2 schematisch angedeutet. Der lagerfertig gekühlte Schaum 4 wird durch eine oder mehrere Extruderschnecken 14 kontinuierlich aus der Vorrichtung 3 abgefördert. Die Extruderschnecken

ke 14 ist an ihrem der Welle 5 entgegengesetzten Endabschnitt in einem lediglich schematisch ange- deuteten rohrförmigen Gehäuse 15 gelagert und kann durch den gleichen Motor wie die Welle 5 mit angetrieben werden.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung beschrieben, die eine detailliertere Aus- arbeitung der aus Fig. 1 ersichtlichen Ausführungs- form darstellt.

Mit dem Bezugszeichen 1 ist die Aufschlagstufe bzw. Aufschlagvorrichtung, mit 2 die Vorgefrier- stufe bzw. das Kühler- oder Gefriergerät und mit 3 die Tiefgefrierstufe bzw. die kombinierte Extruder- vorrichtung bezeichnet. Die Aufschlagvorrichtung 2 besteht im wesentlichen aus einem rohrförmigen Gehäuse 16, das im Innern ein weiteres rohrförmiges Gehäuse 17 aufweist, das zu dem äußeren Gehäuse 16 koaxial angeordnet ist, so daß zwi- schen äußerem und innerem Gehäuse 16 und 17 ein Ringraum 18 verbleibt, an dem an dem einen Ende eine Kühlmittelzuführleitung 19 und an dem anderen Ende ein Kühlmittelabflußstutzen 20 ange- schlossen sind. Der Kühlmittelabflußstutzen 20 ist mit einer geeigneten, nicht dargestellten Leitung verbunden. Der Ringraum 18 wird somit von Kühl- mittel durchströmt. Als Kühlmittel kann eine geeig- nete Sole, Frigen (eingetragenes Warenzeichen) oder dgl. in Betracht kommen.

In dem inneren rohrförmigen Gehäuse ist ein Rotor 21 mit zahlreichen über seinen Umfang und seiner Länge verteilten Schaufeln 22 angeordnet, der über eine Welle 23 durch einen nicht darge- stellten Motor angetrieben wird.

An der Innenwandung 24 des inneren Gehäu- ses 17 sind über den Umfang und über die Länge ebenfalls zahlreiche Schaufeln 25 angeordnet, die mit den Schaufeln 22 mit Spaltabstand kämmen.

Auf der einen, der Welle 23 zugekehrten Stirn- seite des Gehäuses 16 ist eine Zuführleitung 26 angeschlossen. An das eine Ende 27 dieses L- Stückes der Zuführleitung 26 wird das betreffende Fluid, also die Ausgangskomponenten des zu ver- schäumenden Mediums, zugeführt, während durch das Rohrstück 28 in die Zuführleitung 26 ein geeig- netes Verschäumungsgas, in der Regel Luft, zuge- führt wird. Fluid und Trägergas bzw. Luft treten also in den Innenraum 29 und werden, durch die Schaufeln 22 und 25 innig miteinander verschäumt. Die in dieser Aufschlagvorrichtung 1 vorgeschäumten Stoffe verlassen über den Rohrstutzen 30 die Aufschlagvorrichtung 1 in Richtung des Pfeiles 31 und werden in einen Rohrstutzen 32 eingebracht, der an ein Gehäuse 33 des Kühler- oder Gefriergerä- tes 2 angeschlossen ist.

Beim Durchströmen der Aufschlagvorrichtung 1 werden Fluid und Trägergas vorgekühlt, wobei - wie in allen anderen Stufen, also Aufschlagvorrich- tung 1, Kühler- oder Gefriergerät 2 und Tiefgefrier-

stufe 3 - Kühlmittel und Fluid sich im Gegenstrom zueinander bewegen.

In dem Kühler- oder Gefriergerät 2 strömt der Schaum durch einen Ringraum 34, der außen von Kühlmittel umspült ist, das über eine Zuführleitung 35 in einen Ringraum 36 eingegeben wird und diesen Ringraum 36 über eine Abflußleitung 37 wieder verläßt.

Koaxial zu den Ringräumen 34, 36 ist ein Rotor 38 angeordnet, der über eine Welle 39 motorisch angetrieben ist.

Der vorgefrorene Schaum wird über einen Stutzen 40 abgeführt und über einen Anschlußstutzen 41 einem Gehäuse 42 der Tiefgefrierstufe zuge- führt.

Das Gehäuse 42 der Tiefgefrierstufe 3 weist wiederum einen Ringraum 43 auf, an den eine Leitung 44 zum Zuführen des Kühlmittels ange- schlossen ist. Das Kühlmittel verläßt über eine Leitung 45 den Ringraum 43.

Koaxial zum Ringraum 43 ist z. B. eine über eine Welle 46 motorisch angetriebene Förderschnecke 47 angeordnet, die den tiefgefrorenen Schaum durch einen Stutzen 48 austrägt. Der tief- gefrorene Schaum wird dann in geeigneter Weise weiterverarbeitet, verpackt und abtransportiert.

Mit den Bezugszeichen 49, 50 und 51 sind Thermoelemente bezeichnet, mit denen die Tem- peratur des tiefgefrorenen Schaumes an verschie- denen Stellen in der Tiefgefrierstufe meßbar sind.

In Fig. 3 wurde mit V_1 der Volumenstrom des zugeführten Fluids, mit V_g der Volumenstrom des zugeführten Trägergases, mit P_g der Druck des zugeführten Trägergases an dem Rohrstück 28, mit T_m die Temperatur in der Zuführleitung 26, M_d das Drehmoment an der Welle 23, mit n_1 die Drehzahl der Welle 23, mit TK_1 die Temperatur im Kühlmittelabflußstutzen 20, mit P_m der Druck im Rohrstutzen 30, mit T_m die Temperatur im Rohr- stutzen 30, mit TK_2 die Temperatur in der Kühlmit- telzuführleitung 19, mit TK_3 die Temperatur in der Abflußleitung 37, mit M_d das Drehmoment an der Welle 39, mit n_2 die Drehzahl der Welle 39, mit TK_4 die Temperatur in der Zuführleitung 35, mit P_m der Druck im Stutzen 40, mit T_m die Tem- peratur im Stutzen 40, mit M_d das Drehmoment an der Welle 46, mit n_3 die Drehzahl der Welle 46, mit T_m , T_m und T_m die durch die Thermoelemente 49, 50 und 51 jeweils gemessenen Temperaturen der tiefgefrorenen Schäume in der Tiefkühilstufe, mit TK_5 die Temperatur in der Leitung 44, mit P_m der Druck im Stutzen 48 und mit T_m die Tem- peratur im Stutzen 48 bezeichnet.

Mit den Bezugszeichen 19, 20, 35, 37, 44 und 45 sind für die einzelnen Prozeßstufen die jeweili- gen Kühlmittelzu- und -abflüsse gekennzeichnet. Die an den entsprechenden Stellen gemessenen Kühlmitteltemperaturen sind mit TK_1 bis TK_5 ge-

zeichnet. Diese Temperaturen werden durch Thermoelemente an den entsprechenden Stellen gemessen.

Weitere Temperaturmessungen erfolgen beim jeweiligen Massenaustritt aus den einzelnen Prozeßstufen, Bezugszeichen 20, 40 bzw. 48, Temperaturen T_{m_2} , T_{m_3} , T_{m_4} . An denselben Stellen wird ferner eine Druck- bzw. Druckdifferenzmessung zur Konsistenzermittlung (viskoser Druckabfall) gemessen (P_{m_1} , P_{m_2} bzw. P_{m_3}).

Für die Antriebsaggregate der einzelnen Prozeßstufen, Bezugszeichen 1 bis 3, erfolgt eine Leistungs- bzw. Drehmomentmessung M_{d_1} bis M_{d_3} und Drehzahlmessungen n_1 bis n_3 .

Für die zudosierten Ausgangskomponenten (Fluid, Gas) wird sowohl der Volumenstrom V_L und V_g bei 27 und 28 sowie für das Gas der Dosierdruck P_g bei 28 und für die Mischung aus den Ausgangskomponenten bei Position 26 die Mischungstemperatur T_{m_1} ermittelt.

In der letzten Prozeßstufe (Tiefgefrierstufe) wird zur Kontrolle des Temperaturprofils über die Länge der Prozeßstufe zusätzlich an drei Stellen die MasseTemperatur der in dieser Prozeßstufe tiefzugefrierenden Masse bestimmt (T_{m_5} bis T_{m_7}).

Zielgrößen beim Herstellungsprozeß tiefgefrorener Schäummassen sind die MasseTemperatur T_{m_4} am Austritt der Tiefgefrierstufe und der an dieser Stelle gemessene Druck bzw. Differenzdruck P_{m_3} (viskoser Druckverlust), welche ein Maß für die Konsistenz der aus der Anlage austretenden tiefgefrorenen Schäummatrix sind. Zur Erreichung der definierten Zielgrößen sind folgende Vorgabeparameter nach den Erfahrungen der Rezepturentwicklung einzustellen und in ihrer Konstanz zu kontrollieren bzw. zu regeln: Fluid- und Gasvolumenstrom V_L und V_g , Gasdruck P_L , die Leistungsdaten der Antriebsaggregate M_{d_1} bis M_{d_3} und n_1 bis n_3 sowie die Eintrittstemperaturen des Kühlmediums in die einzelnen Prozeßstufen TK_2 ; TK_4 ; TK_6 und die Eintrittsgemischtemperatur T_{m_1} bei 26 als auch der Gegendruck in der Aufschlagstufe P_{m_1} .

Als reine Kontrollparameter werden die Kühlmittelaustrittstemperaturen aus den einzelnen Prozeßstufen TK_1 ; TK_3 ; TK_5 sowie die MasseTemperaturen T_{m_2} , T_{m_3} , T_{m_4} , T_{m_5} , T_{m_6} und T_{m_7} und der Austrittsdruck P_{m_2} aus der Vorgefrierstufe ermittelt.

Die maßgeblichen Regelgrößen für den Schaumaufschlag sind die Volumenströme von Gas und Fluid V_g , V_L , maßgeblich für die Einstellung der Konsistenz - Zielgrößen P_{m_3} ; T_{m_4} - sind die Leistungseinträge in den einzelnen Prozeßstufen M_{d_1} bis M_{d_3} ; n_1 bis n_3 sowie die Geschwindigkeit des Kühlvorganges in der Tiefgefrierstufe, welche im wesentlichen durch die Eintrittstemperatur des Kühlfluids TK_6 ; Bezugszeichen 44 bestimmt wird.

Die Tiefgefrierstufe 3 ist bei einer erfindungsgemäßen Einrichtung mit mindestens einem DoppelschneckenSystem (Doppelschneckenextruder) versehen, das zwei nur leicht miteinander kämmende Schnecken 52 und 53 aufweist. Die Schnecken 52 und 53 sind bei den dargestellten Ausführungsformen jeweils in einem Gehäuse 54 drehbar gelagert. Das Gehäuse kann aus einem metallischen Werkstoff, zum Beispiel aus Stahl, insbesondere aus einem hochlegierten, rostfreien Stahl, bestehen.

Die beiden Schnecken 52 und 53 werden durch einen nicht dargestellten Antrieb, zum Beispiel gemeinsam oder einzeln durch einen Motor, vorzugsweise über eine drehelastische Kupplung (nicht dargestellt) angetrieben. Erforderlichenfalls kann auch noch ein Untersetzungsgetriebe zwischengeschaltet sein (ebenfalls nicht dargestellt).

Wenn von "leichter Schneckenkämmung" die Rede ist, so ist damit gemeint, daß die Schneckenstege (Wendel) 55 bzw. 56 vorzugsweise nicht zu weit ineinandergreifen, also der Dreh-Achsabstand A der Schnecken 52 und 53 so gewählt wird, daß die Stege (Wendel) 55 und 56 in einem erhöhten Abstand von der Zylindermantelfläche 58 bzw. 57 der Schnecken 52 und 53 angeordnet sind.

Des Weiteren ist die axiale Positionierung der beiden Schnecken 52 und 53 vorzugsweise derart bestimmt, daß die Wendel 55 der Schnecke 52 im mittleren axialen Bereich in die Wendel 56 der Schnecke 53 eintaucht. Dies trägt zur Vermeidung Überkritischer Beanspruchungen der durch Scherung eingetragenen Energie bei.

Der Schneckenkanal jeder Schnecke 52 und 53 ist extrem flach ausgebildet ($H/B \approx 0.1$; Fig. 8.) Die Schneckensteigung θ kann hierbei auch 20° bis 30° sein.

Die Wendel 55 und 56 schaben jeweils an der inneren Zylindermantelfläche 58 bzw. 60 und sind deshalb relativ scharfkantig ausgebildet.

Bei der Ausführungsform nach Figur 6 sind in dem Gehäuse 54 zahlreiche parallel und mit Abstand zueinander angeordnete Kühlmittelkanäle 61 vorgesehen, durch die ein geeignetes Kühlfluid hindurchströmt, um den von den Schnecken 52 und 53 zu mischenden und zu fördernden aufgeschlagenen und vorgefrorenen Schaum (zum Beispiel Eiskrem) unter -10° C, vorzugsweise auf -16° C bis -45° C, vornehmlich auf -18° C bis -20° C, auf Lagertemperatur tiefzukühlen und wegzutransportieren. Eine Intensivierung der Kühlung sowie Verbesserung der Homogenität des Wärmeaustausches wird durch eine zusätzliche Innenkühlung der hohl ausgeführten Schneckenwellen 66 erreicht.

Ähnliches geschieht auch bei der Ausführungsform nach Figur 7, bei welcher das Gehäuse 54 im Querschnitt etwa flachoval, strenggenommen an den Enden nach Halbkreisbögen, die durch parallele und mit Abstand zueinander verlaufende Graden

mit einander verbunden sind, ausgebildet ist. Das Gehäuse 54 ist in einem rohrförmigen, innen und außen zylindrischen Behälter 65 angeordnet, der teilweise mit einem Kühlfluid 82, zum Beispiel Fritten, Sole oder dergleichen gefüllt ist und das Gehäuse 54 umspült, um dadurch den von den Schnecken 52 und 53 zu mischenden Schaum, zum Beispiel Schlagsahne oder Eiskrem, auf Lagertemperatur abzukühlen. Da für die optimale Erzeugung eines cremigen Stoffsystems, zum Beispiel bei Speiseeis, ein hoher dispergierter Luftanteil erforderlich ist, muß die Gashaltung während des mechanischen Tiefgefrierbehandlungsprozesses im Doppelschneckensystem gewährleistet werden. Deshalb sind die aus dem Gehäuse 54 heraustretenden Wellenstümpfe jeweils durch eine gasdichte Gleitringdichtung 64 nach außen hin abgedichtet. Von den Wellenstümpfen ist lediglich der Wellenstumpf 63 in Figur 9 mit einem Bezugszeichen versehen. Der andere Wellenstumpf und die nicht ersichtliche gasdichte Gleitringdichtung ist ebenso ausgebildet wie die aus Figur 9 ersichtlichen konstruktiven Einzelheiten.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Kühlen von eßbaren Schäumen, bei der einer Aufschlagvorrichtung unmittelbar ein Kühl- und Gefriergerät zum Vorgefrieren des Schaumes und dem Kühl- und Gefriergerät unmittelbar eine als kombinierte Tiefgefrier- und Transportvorrichtung ausgebildete motorisch antriebbare Extrudervorrichtung nachgeschaltet ist, in der der vorgefrorene Schaum auf Lagertemperatur herunterkühlbar ist, und die Aufschlagvorrichtung, das Kühl- oder Gefriergerät und die Extrudervorrichtung durch Rohrleitungen miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) die Extrudervorrichtung mindestens ein Doppelschneckensystem mit zwei mit ihren Drehachsen parallel zueinander angeordneten Schnecken (52, 53) aufweist;
 - b) die Schnecken (52, 53) des Doppelschneckensystems mit ihren Schneckenstegen (Wendel 55, 56) an der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) des sie umgebenden Gehäuses (54) schaben;
 - c) die Stege der zweiten Schnecke (53) mittig zwischen die Stege der ersten Schnecke (52) angeordnet sind und ein erhöhter Drehachsenabstand der Schnecken (52, 53) realisiert ist, so daß die der Zylindermantelfläche (57, 58) der jeweiligen Schnecke (52, 53) zugekehrte Stirnseite des Schneckensteges der anderen Schnecke (56, 55) einen radialen Abstand von dieser aufweist;
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Kanalhöhe (H) zur Kanalweite (W) bei jeder Schnecke (52, 53) etwa 0,1 beträgt, während der Schneckensteigungswinkel (Θ) 20° bis 30° beträgt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (54) einstückig ist und im Bereich der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) für die Schnecken (52, 53) mehrere achsparallel und mit Abstand zueinander angeordnete Kühlmittelkanäle (61) aufweist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (54) in einem Behälter (65) angeordnet ist, der so mit Kühlfluid füllbar ist, daß das Gehäuse (54) der beiden Schnecken (52, 53) außen "umspült" ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneckenwellen (66) hohl ausgeführt sind.
6. Einrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Wellenstumpf (63) für die Schnecken (52, 53) durch eine gasdichte, insbesondere als Gleitringdichtung ausgebildete Dichtung (64) nach außen hin abgedichtet ist.
7. Einrichtung gemäß Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Steuerung aufweist, welche die Drehzahl der Schnecken (52, 53) rezepturspezifisch unter Berücksichtigung der temperaturabhängigen kritischen Schubspannungen für die Strukturveränderungen zur optimierten Abstimmung von mechanischem Energieeintrag, homogener Strukturbearbeitung des jeweiligen Produktes, Überkritischer Scherung, Kühlgradient und Gefrierprozeß durch Erfassung der Produktkonsistenz als Zielgröße vornimmt, wobei die Produktkonsistenz mittels einer on-line-Viskositätsmessung bestimmt wird, derart, daß im Stoffsystem dissipierte, das heißt in Wärmeenergie umgewandelte mechanische Energie ein kritisches Maß nicht überschreitet.

d) die Schneckenstege (55, 56) mit der Zylindermantelfläche (57, 58) der Schnecken (52, 53) und der inneren Zylindermantelfläche (59, 60) des Gehäuses (54) einen extrem flachen Schneckenkanal begrenzen.

10

5

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

940

945

950

955

960

965

970

975

980

985

990

995

1000

1005

1010

1015

1020

1025

1030

1035

1040

1045

1050

1055

1060

1065

1070

1075

1080

1085

1090

1095

1100

1105

1110

1115

1120

1125

1130

1135

1140

1145

1150

1155

1160

1165

1170

1175

1180

1185

1190

1195

1200

1205

1210

1215

1220

1225

1230

1235

1240

1245

1250

1255

1260

1265

1270

1275

1280

1285

1290

1295

1300

1305

1310

1315

1320

1325

1330

1335

1340

1345

1350

1355

1360

1365

1370

1375

1380

1385

1390

1395

1400

1405

1410

1415

1420

1425

1430

1435

1440

1445

1450

1455

1460

1465

1470

1475

1480

1485

1490

1495

1500

1505

1510

1515

1520

1525

1530

1535

1540

1545

1550

1555

1560

1565

1570

1575

1580

1585

1590

1595

1600

1605

1610

1615

1620

1625

1630

1635

1640

1645

1650

1655

1660

1665

1670

1675

1680

1685

1690

1695

1700

1705

1710

1715

1720

1725

1730

1735

1740

1745

1750

1755

1760

1765

1770

1775

1780

1785

1790

1795

1800

1805

1810

1815

1820

1825

1830

1835

1840

1845

1850

1855

1860

1865

1870

1875

1880

1885

1890

1895

1900

1905

1910

1915

1920

1925

1930

1935

1940

1945

1950

1955

1960

1965

1970

1975

1980

1985

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

2025

2030

2035

2040

2045

2050

2055

2060

2065

2070

2075

2080

2085

2090

2095

2100

2105

2110

2115

2120

2125

2130

2135

2140

2145

2150

2155

2160

2165

2170

2175

2180

2185

2190

2195

2200

2205

2210

2215

2220

2225

2230

2235

2240

2245

2250

2255

2260

2265

2270

2275

2280

2285

2290

2295

2300

2305

2310

2315

2320

2325

2330

2335

2340

2345

2350

2355

2360

2365

2370

2375

2380

2385

2390

2395

2400

2405

2410

2415

2420

2425

2430

2435

2440

2445

2450

2455

2460

2465

2470

2475

2480

2485

2490

2495

2500

2505

2510

2515

2520

2525

2530

2535

2540

2545

2550

2555

2560

2565

2570

2575

2580

2585

2590

2595

2600

2605

2610

2615

2620

2625

2630

2635

2640

2645

2650

2655

2660

2665

2670

2675

2680

2685

2690

2695

2700

2705

2710

2715

2720

2725

2730

2735

2740

2745

2750

2755

2760

2765

2770

2775

2780

2785

2790

2795

2800

2805

2810

2815

2820

2825

2830

2835

2840

2845

2850

2855

2860

2865

2870

2875

2880

2885

2890

2895

2900

2905

2910

2915

2920

2925

2930

2935

2940

2945

2950

2955

2960

2965

2970

2975

2980

2985

2990

2995

3000

3005

3010

3015

3020

3025

3030

3035

3040

3045

3050

3055

3060

3065

3070

3075

3080

3085

3090

3095

3100

3105

3110

3115

3120

3125

3130

3135

3140

3145

3150

3155

3160

3165

3170

3175

3180

3185

3190

3195

3200

3205

3210

3215

3220

3225

3230

3235

3240

3245

3250

3255

3260

3265

3270

3275

3280

3285

3290

3295

3300

3305

3310

3315

3320

3325

3330

3335

3340

3345

3350

3355

3360

3365

3370

3375

3380

3385

3390

3395

3400

3405

3410

3415

3420

3425

3430

3435

3440

3445

3450

3455

3460

3465

3470

3475

3480

3485

3490

3495

3500

3505

3510

3515

3520

3525

3530

3535

3540

3545

3550

3555

3560

3565

3570

3575

3580

3585

3590

3595

3600

3605

3610

3615

3620

3625

3630

3635

3640

3645

3650

3655

3660

3665

3670

3675

3680

3685

3690

3695

3700

3705

3710

3715

3720

3725

3730

3735

3740

3745

3750

3755

3760

3765

3770

3775

3780

3785

3790

3795

3800

3805

3810

3815

3820

3825

3830

3835

3840

3845

3850

3855

3860

3865

3870

3875

3880

3885

3890

3895

3900

3905

3910

3915

3920

3925

3930

3935

3940

3945

3950

3955

3960

3965

3970

3975

3980

3985

3990

3995

4000

4005

4010

4015

4020

4025

4030

4035

4040

4045

4050

4055

4060

4065

4070

4075

4080

4085

4090

4095

4100

4105

4110

4115

4120

4125

4130

4135

4140

4145

4150

4155

4160

4165

4170

4175

4180

4185

4190

4195

4200

4205

4210

4215

4220

4225

4230

4235

4240

4245

4250

4255

4260

4265

4270

4275

4280

4285

4290

4295

4300

4305

4310

4315

4320

4325

4330

4335

4340

4345

4350

4355

4360

4365

4370

4375

4380

4385

4390

4395

4400

4405

4410

4415

4420

4425

4430

4435

4440

4445

4450

4455

4460

4465

4470

4475

4480

4485

4490

4495

4500

4505

4510

4515

4520

4525

4530

4535

4540

4545

4550

4555

4560

4565

4570

4575

4580

4585

4590

4595

4600

4605

4610

4615

4620

4625

4630

4635

4640

4645

4650

4655

4660

4665

4670

4675

4680

4685

4690

4695

4700

4705

4710

4715

4720

4725

4730

4735

4740

4745

4750

4755

4760

4765

4770

4775

4780

4785

4790

4795

4800

4805

4810

4815

4820

4825

4830

4835

4840

4845

4850

4855

4860

4865

4870

4875

4880

4885

4890

4895

4900

4905

4910

4915

4920

4925

4930

4935

4940

4945

4950

4955

4960

4965

4970

4975

4980

4985

4990

4995

5000

5005

5010

5015

5020

5025

5030

5035

5040

5045

5050

5055

5060

5065

5070

5075

5080

5085

5090

5095

5100

5105

5110

5115

5120

5125

5130

5135

5140

5145

5150

5155

5160

5165

5170

5175

5180

5185

5190

5195

5200

5205

5210

5215

5220

5225

5230

5235

5240

5245

5250

5255

5260

5265

5270

5275

5280

5285

5290

5295

5300

5305

5310

5315

5320

5325

5330

5335

5340

5345

5350

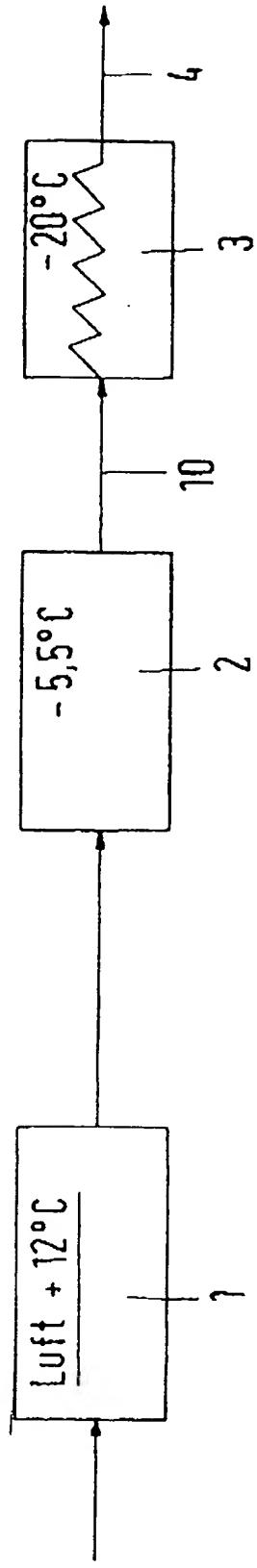
5355

5360

5365

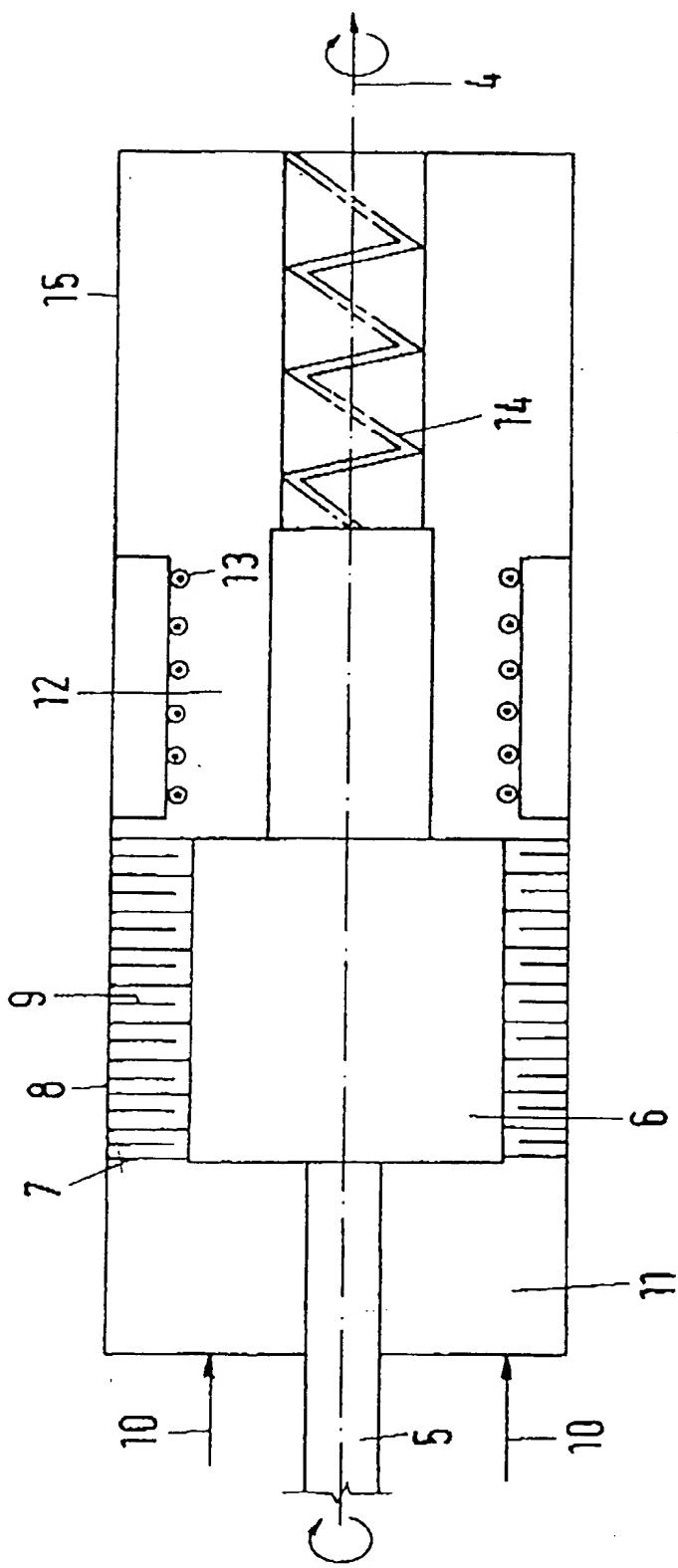
EP 0 561 118 A2

FIG. 1



EP 0 561 118 A2

Fig. 2



三
一
四

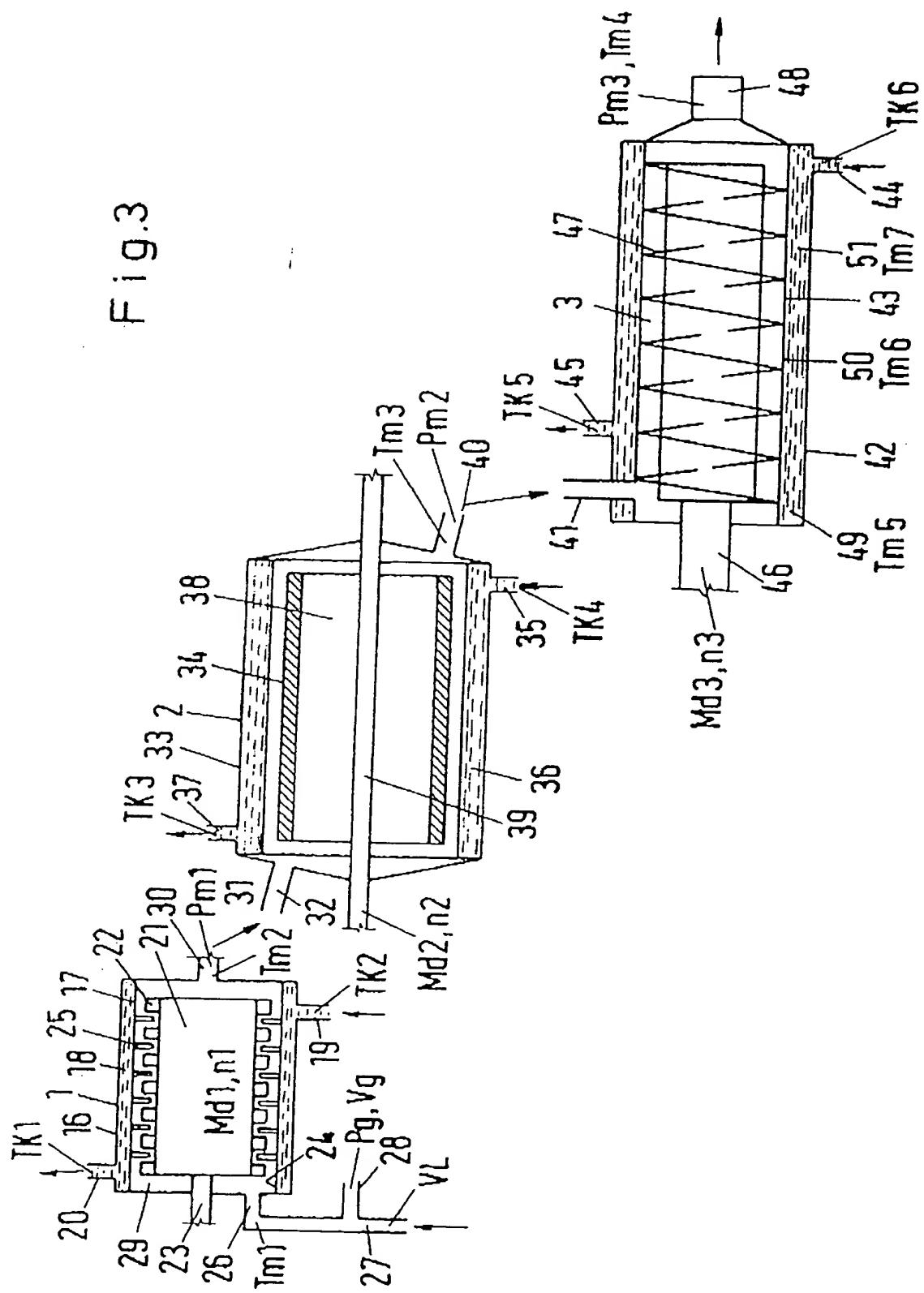


Fig. 5

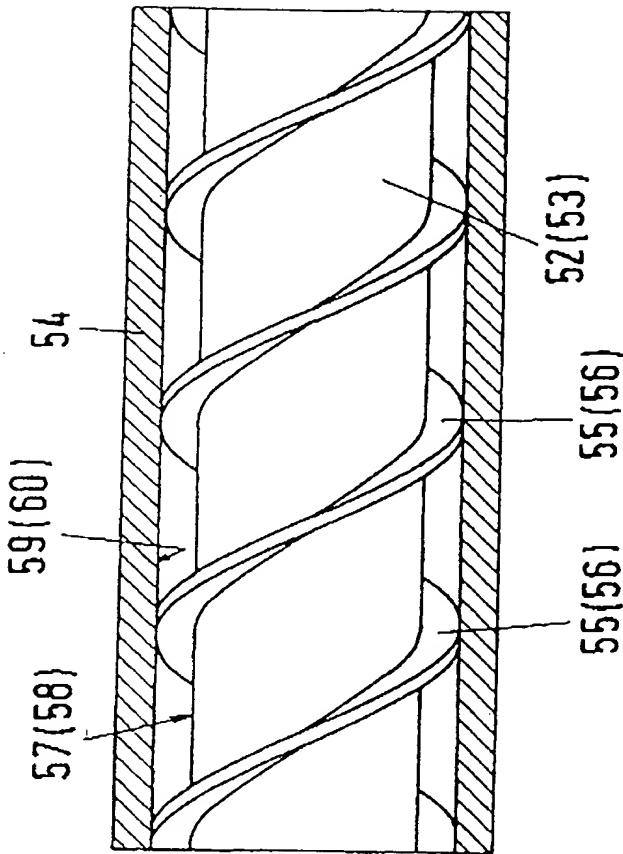
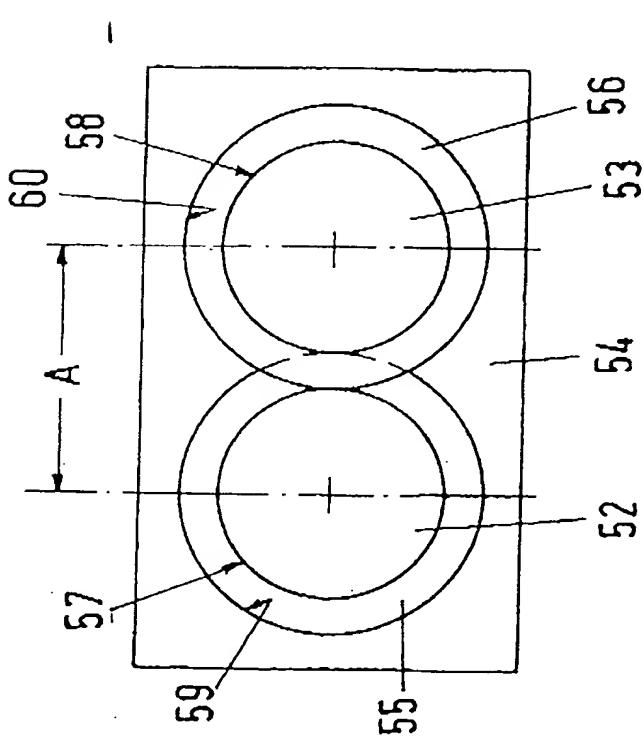


Fig. 4



EP 0 561 118 A2

Fig. 7

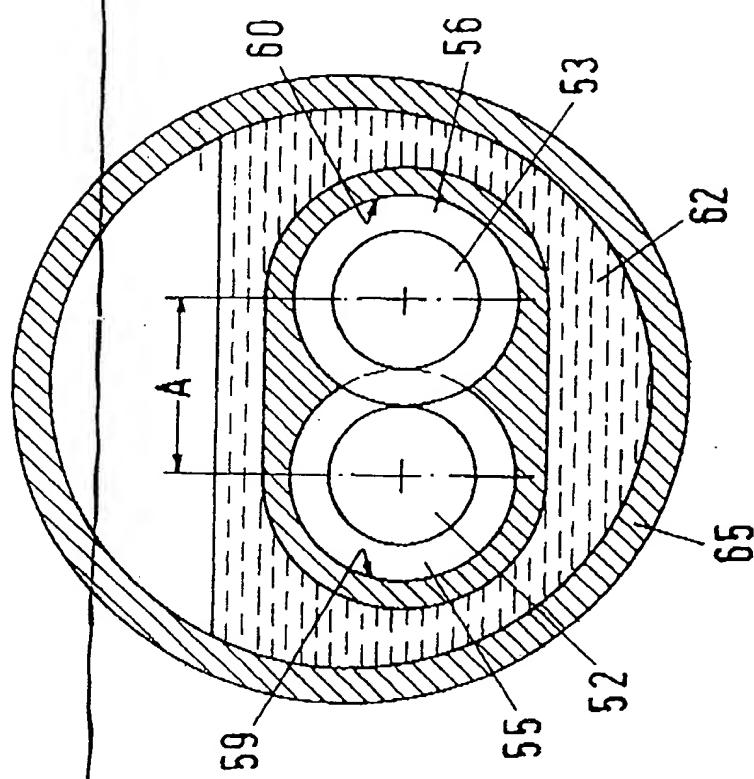


Fig. 6

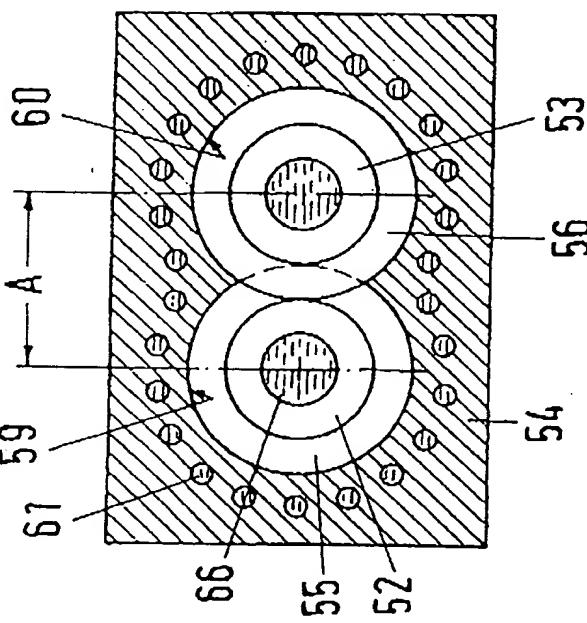
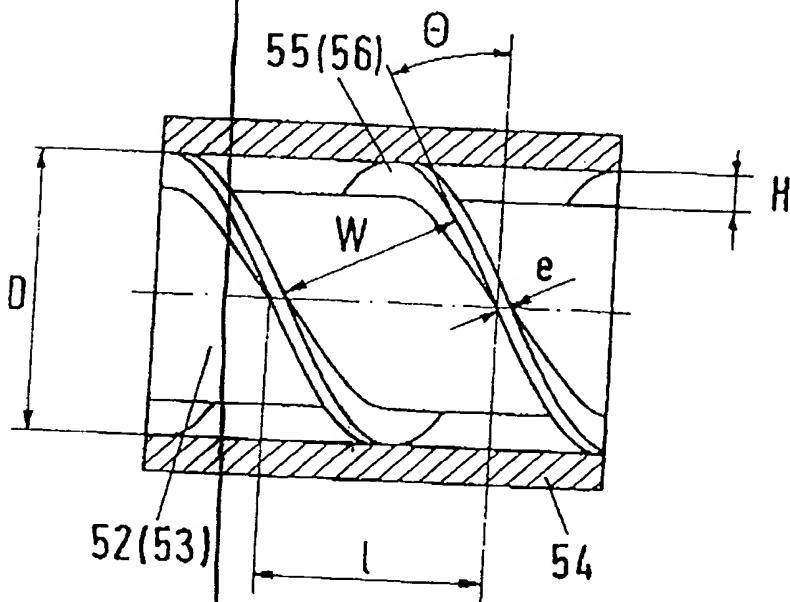


Fig.8



Zylinderdurchmesser	D
Kanalhöhe	H
axiale Kanallänge	l
Kanalweite	W
Schneckenstegbreite	e
Schneckensteigungswinkel	θ
Anzahl der Kanäle(Gangzahl)	p
Schneckensteigung	$p = p * l$

Fig.9

